



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q77112

Wennong ZHANG, et al.

Appln. No.: 10/645,835

Group Art Unit: 2837

Confirmation No.: 8148

Examiner: Not Yet Assigned

Filed: August 22, 2003

For: FULL-CLOSED CONTROL APPARATUS

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

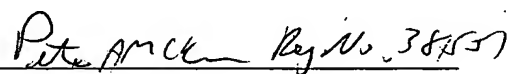
Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER


Darryl Mexic
Registration No. 23,063

Enclosures: Japan 2002-241527

Date: January 21, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 8 月 2 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 4 1 5 2 7
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 4 1 5 2 7]

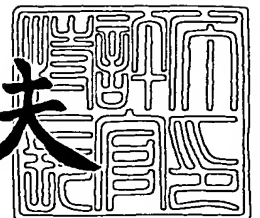
出 願 人 株 式 会 社 安 川 電 機
Applicant(s):



2 0 0 3 年 9 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 14064

【提出日】 平成14年 8月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H02P 5/00

【発明者】

 【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社
 安川電機内

 【氏名】 張 文農

【発明者】

 【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社
 安川電機内

 【氏名】 加来 靖彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000006622

 【氏名又は名称】 株式会社安川電機

 【代表者】 中山 眞

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 013930

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フルクローズド制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、前記モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクローズド制御装置において、

等価剛体系速度ループのモデルと、

バンドパスフィルタと、

振幅調整器と、

速度制御ループの速度指令を前記等価剛体系速度ループのモデルに入力し、前記負荷の速度信号から前記等価剛体系速度ループのモデルの出力を差し引いた差信号を前記バンドパスフィルタに入力し、前記バンドパスフィルタの出力を前記振幅調整器に入力し、位置制御器の出力に前記振幅調整器の出力を加えた信号を新たな速度指令とする手段と、

を備えたことを特徴とするフルクローズド制御装置。

【請求項 2】 モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、前記モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクローズド制御装置において、

オールパスフィルタと、

バンドパスフィルタと、

振幅調整器と、

前記負荷の速度信号から速度制御ループの速度指令を差し引いた差信号を前記オールパスフィルタに入力し、前記オールパスフィルタの出力を前記バンドパスフィルタに入力し、前記バンドパスフィルタの出力を前記振幅調整器に入力し、位置制御器の出力に前記振幅調整器の出力を加えた信号を新たな速度指令とする手段と、

を備えたことを特徴とするフルクローズド制御装置。

【請求項 3】 モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、前記モ

ータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクローズド制御装置において、

等価剛体系速度ループのモデルと、

オールパスフィルタと、

バンドパスフィルタと、

振幅調整器と、

速度制御ループの速度指令を前記等価剛体系速度ループのモデルに入力し、前記負荷の速度信号から前記等価剛体系速度ループのモデルの出力を差し引いた差信号を前記オールパスフィルタに入力し、前記オールパスフィルタの出力を前記バンドパスフィルタに入力し、前記バンドパスフィルタの出力を前記振幅調整器に入力し、位置制御器の出力に前記振幅調整器の出力を加えた信号を新たな速度指令とする手段と、

を備えたことを特徴とするフルクローズド制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクローズド制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

通常、高精度な位置決めのため、モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクローズド制御が必要となる。しかし、モータと負荷の結合剛性が低い場合、普通のフルクローズド制御では、位置制御器のゲインを上げると、制御系が機構系の反共振周波数近傍の周波数で振動するため、位置制御器のゲインの上限がセミクローズド制御より小さくなり、高速度制御ができない。このような問題を解決するため、本出願人が特願 2000-118133 で図 5 のようなフルクローズド制御装置を提案した。

図 5 において、1 は等価剛体モデル 5 と、機械共振系 6 と、負荷固有振動系 7

と、積分 8 とからなるモータを含む機構系である。ただし、 J は機構系の可動部のイナーシャ、 D は等価剛体系の粘性摩擦係数、 ω_r は共振角周波数、 ζ_r は共振粘性係数、 ω_a は反共振角周波数、 ζ_a は反共振粘性係数である。2 は振幅調整器 9 とバンドパスフィルタ 10 からなる負荷振動抑制補償器である。3 は位置制御器、4 は速度制御器である。ここでは位置指令 X_r から負荷位置信号 X_L を差し引いた差信号 E_L に位置制御ゲイン K_p を乗じて速度指令基本量 V_{rb} を求め、負荷速度信号 V_L から速度指令 V_r を差し引いた差信号をバンドパスフィルタ 10 に入力し、バンドパスフィルタ 10 の出力を振幅調整器 9 に入力し、速度指令基本信号 V_{rb} に振幅調整器 9 の出力である速度指令補償信号 V_{rh} を加えた信号を新たな速度指令 V_r とし、速度指令 V_r からモータ速度 V_m を差し引いた差信号を速度制御器 4 に入力し、速度制御器 4 の出力をトルク指令 T_r とし、 T_r に基づいてモータを含む機構系 1 を駆動する。

この従来技術では、速度制御器のゲインが十分高い場合、等価剛体系速度ループのモデルを低周波数域で近似的に 1 となるため、負荷速度 V_L から速度指令 V_r を差し引いた差信号 V_{Ld} を負荷速度に含まれている振動の推定信号と見なすことができ、 V_{Ld} をバンドパスフィルタで位相調整し、振幅調整器でゲイン調整し、速度指令の基本信号に含まれている振動モードを打ち消すことにより位置制御器のゲインが高くても位置ループを安定させることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、前記の従来技術では、速度制御器のゲインが高く上げられない場合、等価剛体系速度ループのモデルの低周波数域でのゲインが 1 より小さいため、負荷速度 V_L から速度指令 V_r を差し引いた差信号 V_{Ld} に低周波数成分が含まれる。また、バンドパスフィルタは位相調整器としても使われ、位置ループの振動周波数 f_d のところで一定の遅れ位相をもたらせるため、バンドパスフィルタの通過帯域の中心 f_0 は位置ループの振動周波数 f_d より小さくなる。例えば、位置ループの振動周波数 f_d が 40 Hz である場合、バンドパスフィルタを 2 段ローパスフィルタ ($1/(1+T_{fs})$) と 2 段ハイパスフィルタ ($T_{fs}/(1+T_{fs})$) で構成すると、40 Hz のところで 90° 遅れ位相をもたらせるため、バンドパスフィルタの

通過帯域の中心 f_0 は 16.6 Hz となる (図 6)。

以上のように、速度指令補償信号 V_{rh} に大きな低周波数成分が含まれるため、低周波数の振動やオーバーシュートが発生しやすいという問題があった (図 8)。

そこで、本発明の目的は、前記従来技術の有する問題点を解消し、しかも位置ループの振動を抑制し、位置制御ゲインを上げることによって高速度、高精度位置決めができる装置を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、請求項 1 記載の発明は、モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、前記モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクロード制御装置において、等価剛体系速度ループのモデルと、バンドパスフィルタと、振幅調整器と、速度制御ループの速度指令を前記等価剛体系速度ループのモデルに入力し、前記負荷の速度信号から前記等価剛体系速度ループのモデルの出力を差し引いた差信号を前記バンドパスフィルタに入力し、前記バンドパスフィルタの出力を前記振幅調整器に入力し、位置制御器の出力に前記振幅調整器の出力を加えた信号を新たな速度指令とする手段と、を備えたことを特徴とする。

請求項 2 記載の発明は、モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、前記モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクロード制御装置において、オールパスフィルタと、バンドパスフィルタと、振幅調整器と、前記負荷の速度信号から速度制御ループの速度指令を差し引いた差信号を前記オールパスフィルタに入力し、前記オールパスフィルタの出力を前記バンドパスフィルタに入力し、前記バンドパスフィルタの出力を前記振幅調整器に入力し、位置制御器の出力に前記振幅調整器の出力を加えた信号を新たな速度指令とする手段と、を備えたことを特徴とする。

請求項 3 記載の発明は、モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、前記モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクロード制御装置において、等価剛体系速度ループのモデルと、オールパスフィルタと、

バンドパスフィルタと、振幅調整器と、速度制御ループの速度指令を前記等価剛体系速度ループのモデルに入力し、前記負荷の速度信号から前記等価剛体系速度ループのモデルの出力を差し引いた差信号を前記オールパスフィルタに入力し、前記オールパスフィルタの出力を前記バンドパスフィルタに入力し、前記バンドパスフィルタの出力を前記振幅調整器に入力し、位置制御器の出力に前記振幅調整器の出力を加えた信号を新たな速度指令とする手段と、を備えたことを特徴とする。

【0005】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の具体的実施例を説明する。本発明の第1の実施例を図1に示す。図1に示す制御系は従来技術の制御系（図5）に等価剛体系速度ループのモデル12を加えたものである。図1において、負荷速度信号 V_L から等価剛体系速度ループのモデル12の出力 V_{L0} を差し引いた差信号 V_{Ld} をバンドパスフィルタ10に入力し、バンドパスフィルタ10の出力を振幅調整器9に入力し、速度指令基本信号 V_{rb} に振幅調整器9の出力である速度指令補償信号 V_{rh} を加えた信号を新たな速度指令 V_r とする。

以下、位置ループの振動の抑制原理を説明する。上述の等価剛体系速度ループのモデル $G_{v0}(s)$ は図4に示すような速度制御器4および等価剛体系5で構成されている閉ループの入出力の伝達関数である。すなわち、

【0006】

【数1】

$$G_{v0}(s) = \frac{C_v(s) \frac{1}{Js+D}}{1 + C_v(s) \frac{1}{Js+D}} = \frac{C_v(s)}{Js+D+C_v(s)} \quad (1)$$

【0007】

である。外乱と同定誤差がない場合、もし機構系が剛体系であれば、明らかに V_{L0} と V_L が同じとなるため、 $V_{Ld} = V_L - V_{L0}$ が0となる。それで、機構系が慣性系である場合、 V_{Ld} は負荷速度の振動信号（周波数： f_d ）しか含まない。 V_{Ld}

をバンドパスフィルタおよび振幅調整器で位相およびゲイン調整し、速度指令の基本信号 V_{rb} に含まれている振動モードを打ち消すことにより位置制御器のゲインが高くても位置ループを安定させるができる。また、 V_{Ld} ひいては V_{rh} には低周波数信号がないので、速度指令基本信号 V_{rb} に速度指令補償信号 V_{rh} を加えることは、応答特性の低周波数域の特性に影響しない。すなわち、負荷振動抑制補償器を組み合わせることによる低周波数の振動やオーバーシュートが発生する問題は起きない（図9）。

本発明の第2の実施例を図2に示す。図2に示す制御系は従来技術の制御系（図5）にオールパスフィルタ11を加えたものである。図2において、負荷速度信号 V_L から速度指令 V_r を差し引いた差信号 V_{Ld} をオールパスフィルタ11に入力し、オールパスフィルタ11の出力をバンドパスフィルタ10に入力し、バンドパスフィルタ10の出力を振幅調整器9に入力し、速度指令基本信号 V_{rb} に振幅調整器9の出力である速度指令補償信号 V_{rh} を加えた信号を新たな速度指令 V_r とする。

以下、位置ループの振動の抑制原理を説明する。

オールパスフィルタはフィルタのパラメータと周波数の変化によって位相が変わるが、ゲインが常に1である。ここでは、オールパスフィルタを専用の位相調整器とするため、バンドパスフィルタを位相調整のために使う必要がない。それで、バンドパスフィルタの通過帯域の中心 f_0 を位置ループの振動周波数 f_d とするようにバンドパスフィルタを構成できる。例えば、位置ループの振動周波数 f_d が 40 Hz である場合、オールパスフィルタを一次 $(s - \omega_d / s + \omega_d, \omega_d = 2\pi f_d)$ で、バンドパスフィルタを1段ローパスフィルタ $(1/(1+T_f s))$ と1段ハイパスフィルタ $(T_f s/(1+T_f s))$ で構成すると、 40 Hz のところで 90° 遅れ位相をもたらせるため、バンドパスフィルタの通過帯域の中心 f_0 は 40 Hz となる（図7）。また、一次オールパスフィルタを

【0008】

【数 2】

$$\frac{s-\omega_d}{s+\omega_d} = 1 - 2 \frac{\omega_d}{s+\omega_d} \quad (2)$$

【0009】

のように簡単なローパスフィルタで構成することができる。

以上のように、速度制御器のゲインが低い場合でも、 $V_{Ld} = V_L - V_r$ には低周波数成分が含まれるが、バンドパスフィルタの通過帯域の中心 f_0 が高いので、前記低周波数成分がバンドパスフィルタに除去される。また、 V_{Ld} に含まれる周波数が f_d である信号はオールパスフィルタおよび振幅調整器を通過することによって、速度指令の基本信号に含まれている振動モードを打ち消すように位相およびゲインが調整される。それで、速度指令基本信号 V_{rb} に速度指令補償信号 V_{rh} を加えることによって、位置ループの振動を抑制し、低周波数の振動やオーバーシュートが発生しない（図10）。

本発明の第3の実施例を図3を用いて説明する。図3に示す制御系は従来技術の制御系（図5）に等価剛体系速度ループのモデル12とオールパスフィルタ11を加えたものである。図3において、負荷速度信号 V_L から等価剛体系速度ループのモデル12の出力 V_{L0} を差し引いた差信号 V_{Ld} をオールパスフィルタ11に入力し、オールパスフィルタ11の出力をバンドパスフィルタ10に入力し、バンドパスフィルタ10の出力を振幅調整器9に入力し、速度指令基本信号 V_{rb} に振幅調整器9の出力である速度指令補償信号 V_{rh} を加えた信号を新たな速度指令 V_r とする。

以下、位置ループの振動の抑制原理を説明する。

第1実施例と同じ理由で、外乱と同定誤差がない場合、 V_{Ld} は負荷速度の振動信号（周波数： f_d ）しか含まない。また、外乱と同定誤差があっても、第2実施例と同じ理由で、位置ループの振動周波数 f_d 以外の成分はバンドパスフィルタを通過することによって除去される。最終的に、位置ループの振動を抑制できるが、低周波数の振動やオーバーシュートが発生しない。

【0010】

【発明の効果】

以上のように本発明は、速度指令基本信号に含まれる位置ループの振動信号に対して、速度指令補正信号で打ち消すため、位置ループゲインを上げられる。さらに、速度ループのモデルまたはオールパスフィルタを加えたことによって、低周波数の振動やオーバーシュートが発生しない。すなわち、高速度高精度位置決めができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例を示す図

【図2】 本発明の第2の実施例を示す図

【図3】 本発明の第3の実施例を示す図

【図4】 等価剛体系速度ループのブロック線図

【図5】 従来技術の制御系を示す図

【図6】 図1および図5におけるバンドパスフィルタのボード線図

【図7】 図2および図3におけるバンドパスフィルタとオールパスフィルタで構成した位相およびゲイン調整器のボード線図

【図8】 従来技術のシミュレーション結果

【図9】 本発明の第1の実施例のシミュレーション結果

【図10】 本発明の第2の実施例のシミュレーション結果

【符号の説明】

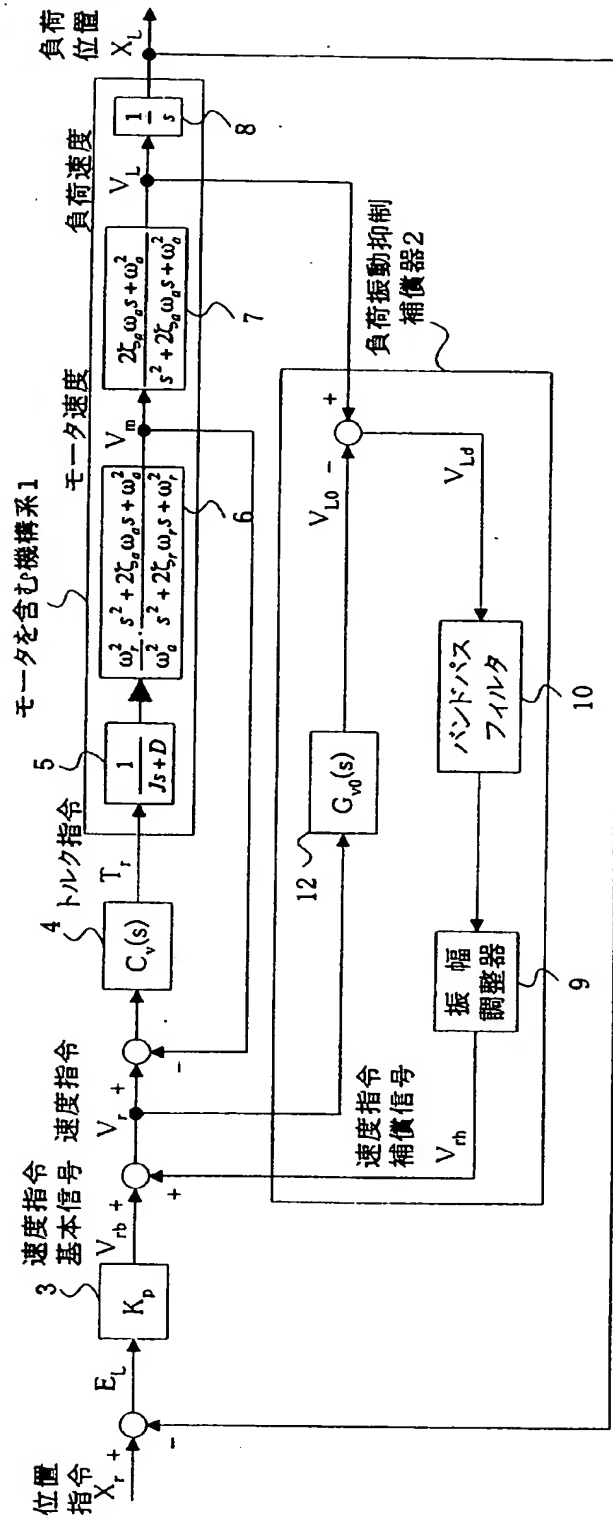
- 1 モータを含む機構系
- 2 負荷振動抑制補償器
- 3 位置制御器
- 4 速度制御器
- 5 等価剛体系
- 6 機械共振系
- 7 負荷固有振動系
- 8 積分
- 9 振幅調整器

- 1 0 バンドパスフィルタ
- 1 1 オールパスフィルタ
- 1 2 等価剛体系速度ループのモデル

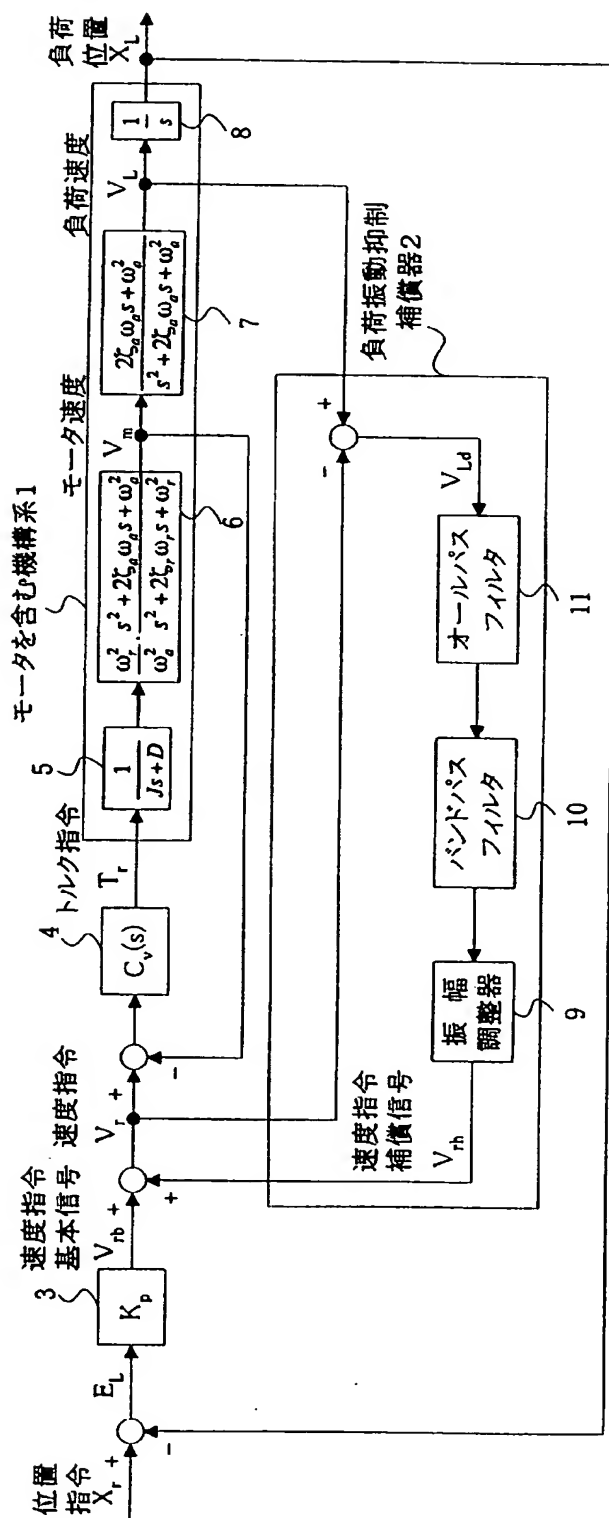
【書類名】

図面

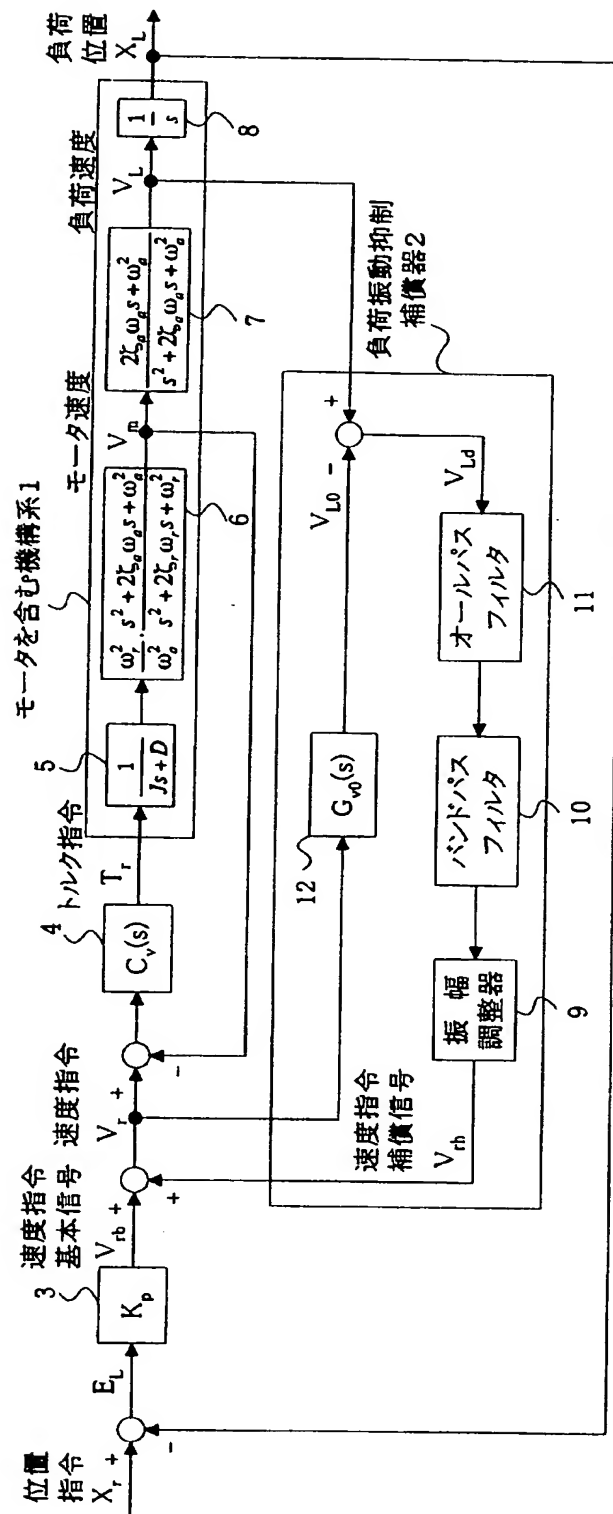
【図 1】



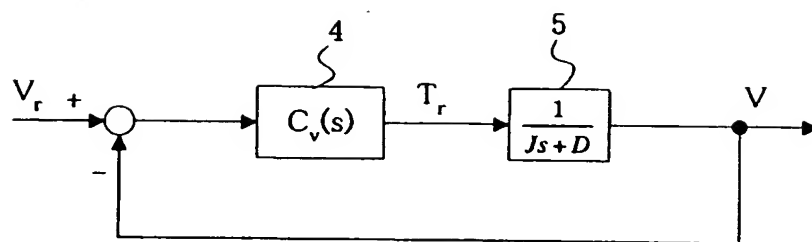
【図 2】



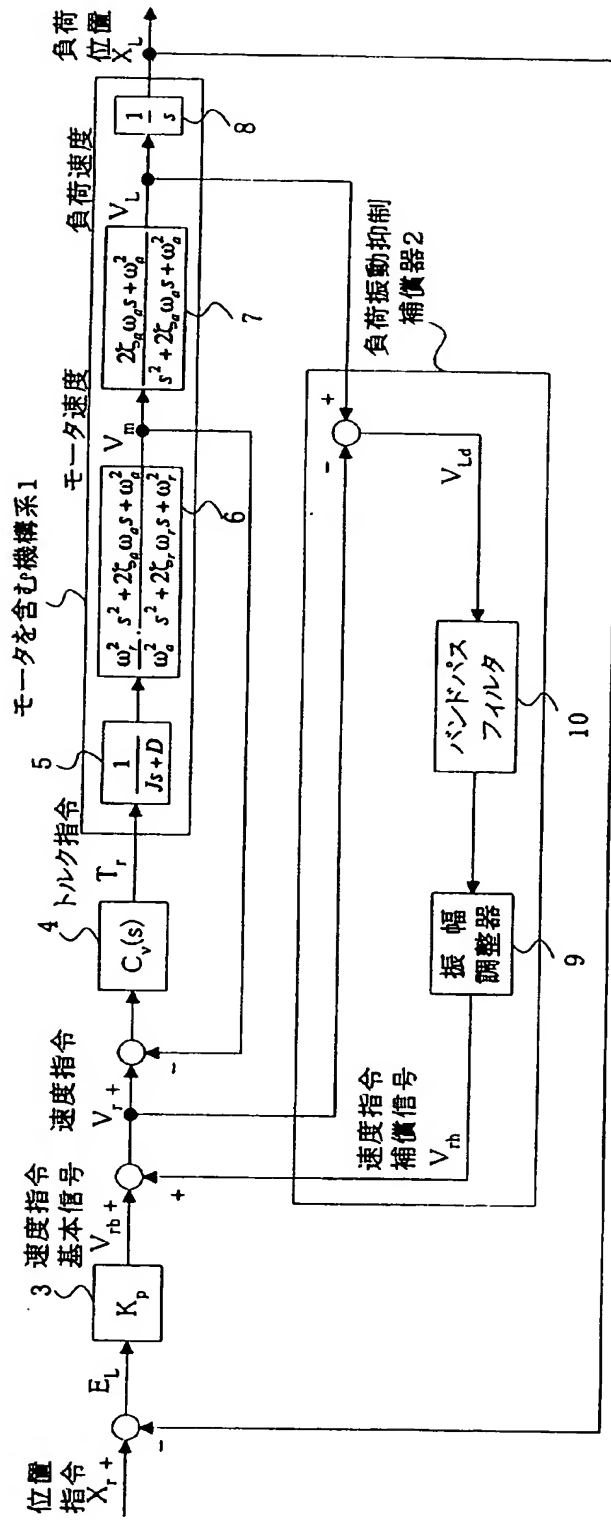
【図 3】



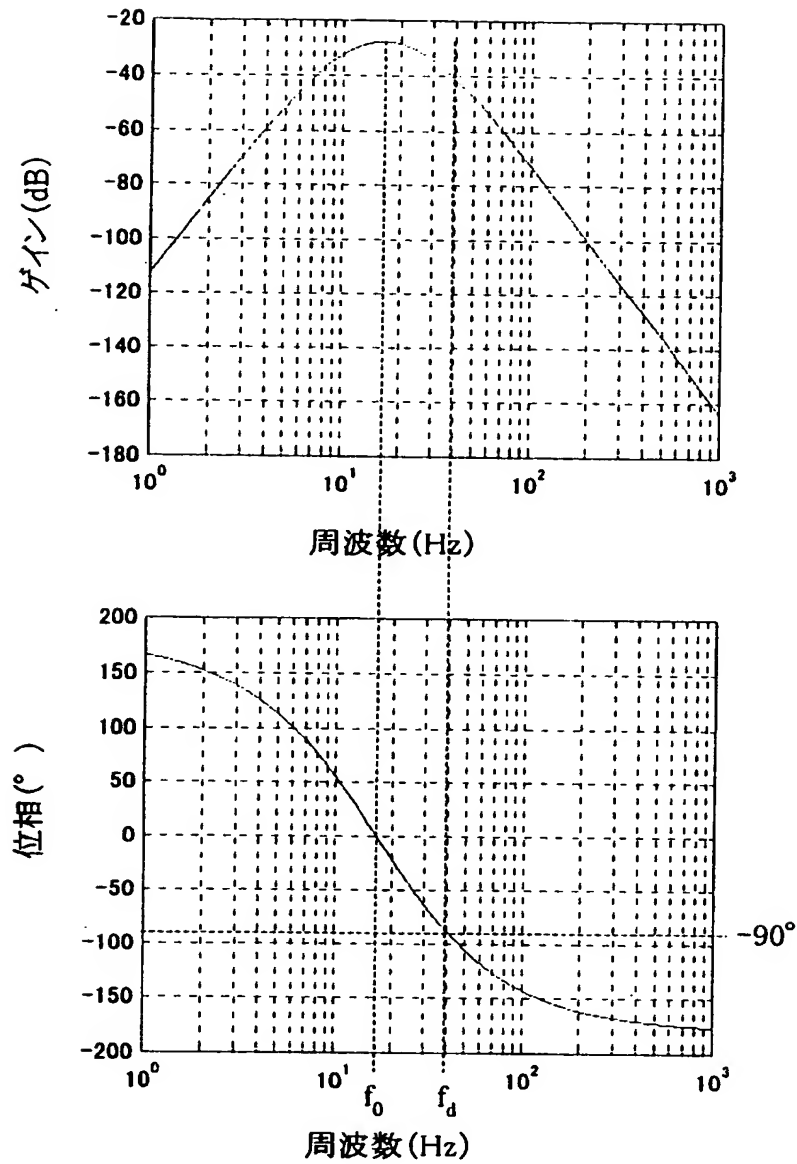
【図 4】



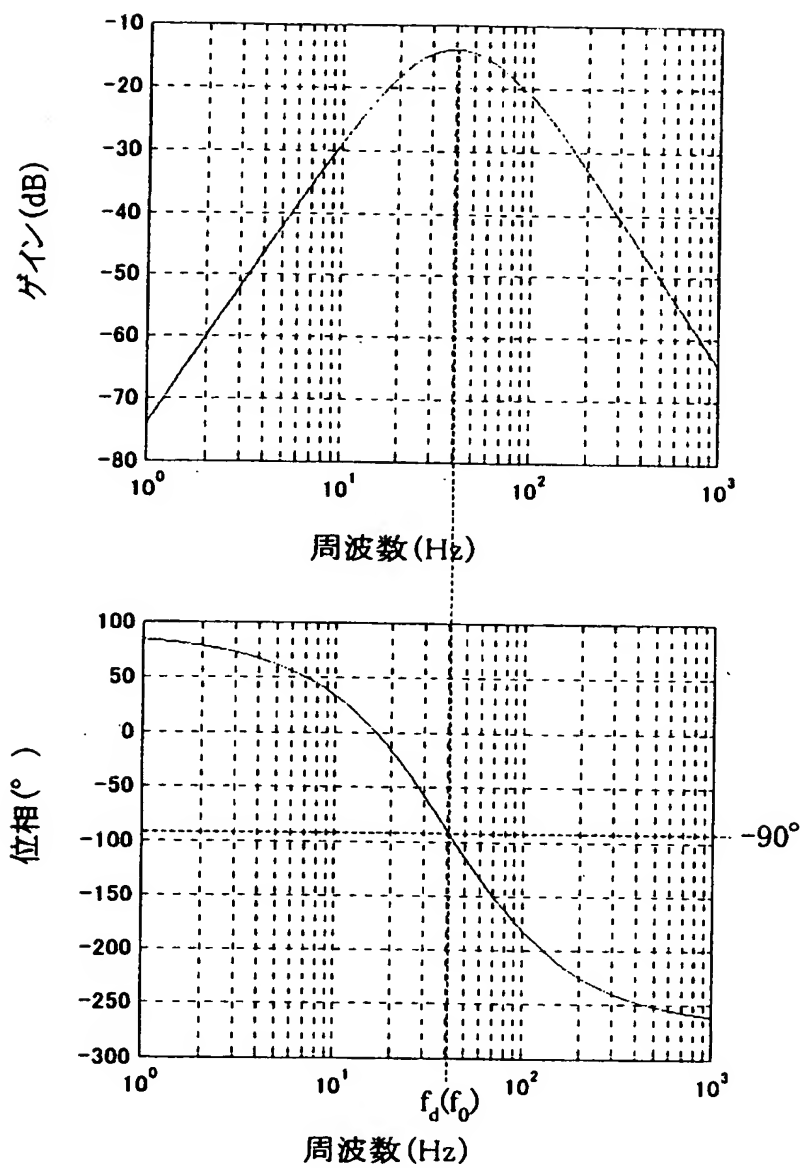
【図5】



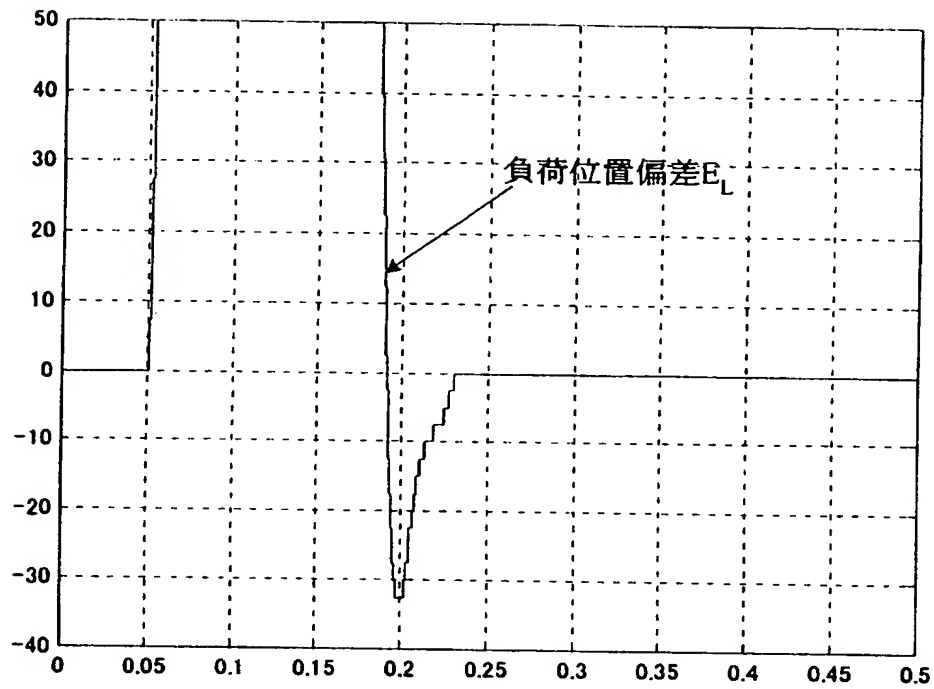
【図 6】



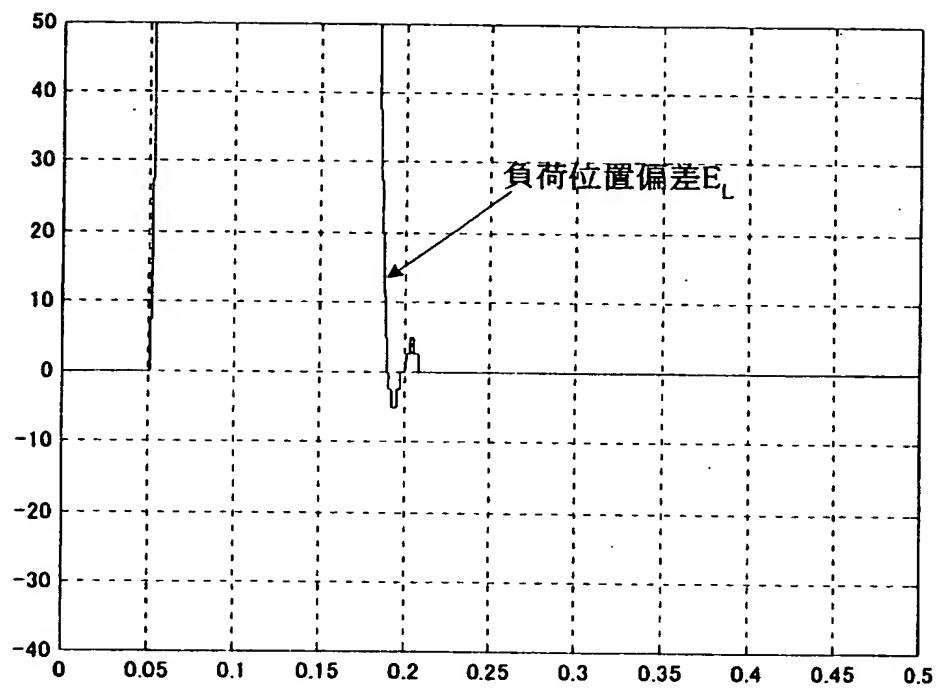
【図 7】



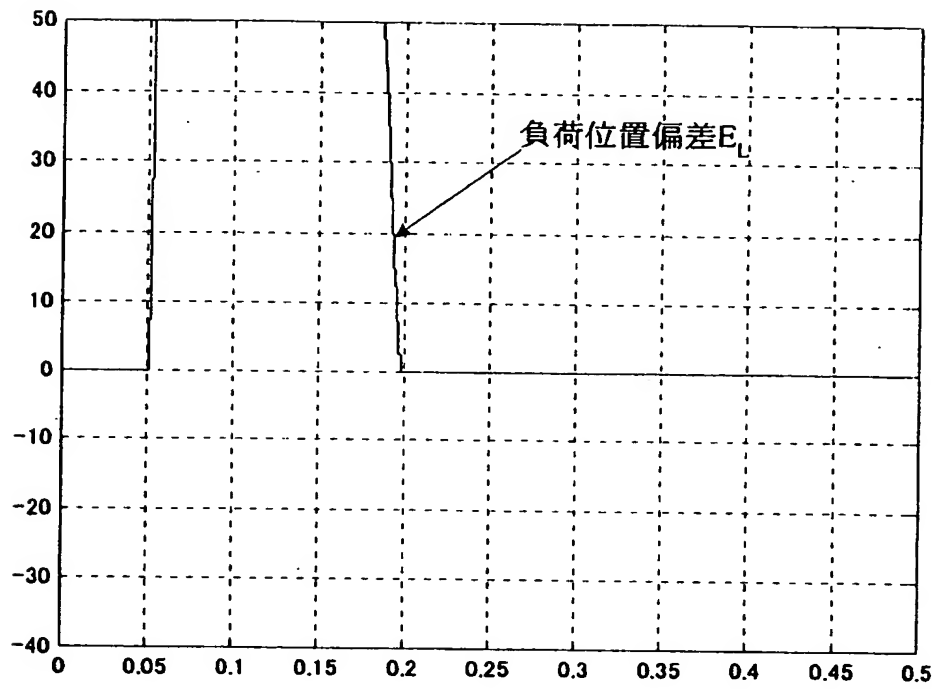
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 位置ループの振動を抑制し、位置制御ゲインを上げて高速度、高精度位置決めができる装置を提供する。

【解決手段】 モータの速度信号に基づき速度制御を行うとともに、モータで駆動される負荷の位置信号に基づき位置制御を行うフルクローズド制御装置において、等価剛体系速度ループのモデルと、バンドパスフィルタと、振幅調整器と、速度制御ループの速度指令を等価剛体系速度ループのモデルに入力し、負荷の速度信号から等価剛体系速度ループのモデルの出力を差し引いた差信号を前記バンドパスフィルタに入力し、バンドパスフィルタの出力を振幅調整器に入力し、位置制御器の出力に振幅調整器の出力を加えた信号を新たな速度指令とする手段と、を備える。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 4 1 5 2 7

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 6 2 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

福岡県北九州市八幡西区大字藤田 2 3 4 6 番地

氏 名

株式会社安川電機製作所

2. 変更年月日

1 9 9 1 年 9 月 2 7 日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号

氏 名

株式会社安川電機